

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР  
ВИТЕБСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК 621.762.492

№ гос.регистрации 01.84. 0 082506

Иев. № 0286. 0 025461

"СОГЛАСОВАНО"

Директор НИИПХ

Н. А. Силин

1985 г.



"УТВЕРЖДАЮ"

Проректор по научной работе

В. Е. Горбачик

" 23 " декабря 1985 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ФОРМОВАНИЯ КРУГЛЫХ  
КОМПОЗИЦИОННЫХ ДЛИННОМЕРНЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ  
ПОРОШКОВЫХ СМЕСЕЙ СЛОЖНОГО СОСТАВА

ЧАСТЬ III

(промежуточный)

ХД №183

Начальник научно-исследовательского  
сектора

И. Е. Правдивый

Руководитель темы, зав.кафедрой ТКМ  
к.т.н., доцент

С. С. Клименков

Ответственный исполнитель, инженер

А. Н. Красновский

г. Витебск, 1985 г.

Библиотека ВГТУ



СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

6. ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМУЕМОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ КРУГЛЫХ ЗАГОТОВОК СПЛОШНОГО СЕЧЕНИЯ (ПРУТКОВ).....	6
6.1. Аналитическое определение энергосиловых параметров про- цессов формования сплошных профилей.....	6
6.1.1. Определение энергосиловых параметров формования высо- копластифицированной порошковой массы вращающимся шне- ком.....	6
6.1.2. Анализ перемещения низкопластифицированной массы под действием вращающегося шнека.....	II
6.1.3. Определение энергосиловых параметров формования низко- пластифицированной порошковой массы вращающимся шне- ком.....	15
6.1.4. Аналитическое определение энергосиловых параметров фор- мования сплошных профилей вращающимся шнеком с подпрес- совкой.....	27
6.2. Экспериментальное исследование энергосиловых параметров процессов непрерывного формования сплошных профилей.....	29
6.2.1. Влияние геометрических параметров шнека на энергосило- вые параметры процесса .....	29
6.2.2. Влияние зоны взаимодействия шнека и цилиндра на энерго- силовые параметры процесса.	38
6.2.3. Влияние конических роликов на торце шнека на энергосило- вые параметры процесса.....	43
6.2.4. Влияние торцевой нарезки винтовой нарезки на энерго- силовые параметры процесса формования .....	47
6.2.5. Влияние конической насадки на торце шнека на энергосило- вые параметры процесса формования сплошных профилей...	50
6.2.6. Исследование влияние зазора между шнеком и цилиндром на энергосиловые параметры процесса .....	50
6.2.7. Влияние скорости вращения шнека на энергосиловые пара-	



метры процесса .....	53
6.2.8. Исследование влияния продольных канавок на внутренней поверхности цилиндра на энергосиловые параметры процесса .....	61
6.2.9. Влияние поднутрения в выходном мундштуке матрицы на энергосиловые параметры процесса экструдирования сплошных профилей вращающимся шнеком .....	64
6.2.10. Исследование распределения нормальных напряжений вдоль оси шнека.....	69
6.2.11. Исследование распределения нормальных напряжений действующих по сечению сплошного профиля.....	71
6.2.12. Определение зависимости коэффициента бокового давления от давления прессования.....	71
6.3. Исследование энергосиловых параметров формования сплошных профилей шнеком с одновременной подпрессовкой в матрицу.....	73
6.3.1. Влияние скорости вращения шнека и одновременного осевого перемещения на энергосиловые параметры процесса .....	75
6.3.2. Исследование влияния на энергосиловые параметры процесса величины осевого перемещения шнека.....	75
6.3.3. Исследование энергосиловых параметров процесса формования на проход, при вращении шнека с одновременной подпрессовкой.....	77
6.4. Исследование влияния геометрических параметров шнека и цилиндра на производительность экструдера для формования сплошных профилей из маталлических порошков .....	79
Выводы.....	83
7. ОПИСАНИЕ ОПЫТОВ ФОРМОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ КРУГЛЫХ ПОЛЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ ПОРОШКОВЫХ СМЕСЕЙ .....	87
7.1. Непрерывное формование полых заготовок .....	91
7.2. Формование полых заготовок вращающимся шнеком с циклической подпрессовкой .....	96

7.3. Формование полых заготовок методом циклического прессова-	
ния .....	98

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	103
--	-----



## 6. ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМУЕМОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ КРУГЛЫХ ЗАГОТОВОК СПЛОШНОГО СЕЧЕНИЯ (ПРУТКОВ)

### 6.1. АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССОВ ФОРМОВАНИЯ СПЛОШНЫХ ПРОФИЛЕЙ

#### 6.1.1. Определение энергосиловых параметров формования высоко- пластифицированной порошковой массы вращающимся шнеком

Высокопластифицированная порошковая масса по реологическим характеристикам соответствует телу Бингама-Шведова [67, 68]. Анализ характера деформации высокопластифицированной массы под нагрузкой показывает, что в условиях малых напряжений (до предела текучести) высокопластифицированные порошки ведут себя как упругое (гуково) тело. При повышении предела текучести скорость деформации пропорциональна избытку действующего напряжения над пределом текучести (уравнение Шведова-Бингама).

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{\tau - P_K}{\eta} ; \quad \text{при } \tau \geq P_K \quad (6.1)$$

где  $\varepsilon$  - относительная сдвиговая деформация;  
 $t$  - время;  
 $\tau$  - касательное напряжение;  
 $P_K$  - динамический предел текучести;  
 $\eta$  - пластическая вязкость.

Для высокопластифицированной массы порошка с пластической прочностью структуры  $\tau_0 < 38 \text{ МН/М}^2$ , динамическим пределом текучести  $P_K < 75 \text{ МПа}$  и пластической вязкостью  $\eta > 225 \cdot 10^{-3} \text{ П с}$  при формовании сплошных профилей вращающимся шнеком движение шихты можно представить состоящим из трех основных потоков:

1. Вынужденного потока - поступательного движения массы, которое возникает как следствие относительного движения шнека и цилиндра.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Материалы XXVI съезда КПСС.-М., Политиздат. 1981.-145 с.
2. Афенченко О.Г. Клиновое прессование металлических порошков.  
- "Порошковая металлургия", №4, 1964.
3. А.с. №984676 (СССР) В22 F
4. А.с. №557875 (СССР) опубл. в Б.И. 1977, №18.
5. Заявка 22733009 (ФРГ).МКИ В 22 F 3/20 опубл. 13.07.78.
6. Заявка 2524412 (ФРГ),МКИ В 22 F 3/20 опубл. 4.08.77.
7. Заявка 2304428 (Франция) МКИ В 22 F 3/20 опубл. 19.11.76.
8. А.с. №1018802 (СССР) В 22 F 3/02.
9. А.с. №872031 (СССР) В 22 F 3/06.
10. А.с. №664751 (СССР) В 22 F 3/00
11. А.с. №952439 (СССР) В 22 F 3/00
12. А.с. №1052337 (СССР) В 22 F 3/20
13. А.с. №703237 (СССР) В 22 F 3/02
14. А.с. №420397 (СССР) В 22 F 3/02
15. Виноградов Г.А., Радомысельский Г.Г., Сердюк Прокатка металлических порошков. -Металлургия. 1960, с.57-61.
16. Семенов Ю.Н. "Порошковая металлургия" №5.1961.69 с.
17. Сорокин В.К. сб. Изготовление деталей методом порошковой металлургии. Вып. I. изд. ЦНИТЭИН. 1961 г.
18. Хромов В.Г. сб. "Труды I-ой межвузовской конференции по порошковой металлургии", Куйбышев, 1962 .
19. Аксенов Г.П. и др. сб."Титан и его сплавы". Вып. III. Изд. АН СССР, 1960, 152 с.
20. Атте К и Оцетек К. "Металлические фильтры" перевод с немецкого Судпромиздат. 1959.
21. А.с. №602304 (СССР) В 22 F 3/18
22. А.с. №1013098 (СССР) В 22 F 3/18
23. А.с. №564921 (СССР) В 22 F 3/18



24. А.с. №668773 (СССР) В 22 F 3/18
25. А.с. №251502 (СССР) В 22 F 3/18
26. А.с. №521067 (СССР) В 22 F 3/18
27. А.с. №921676 (СССР) В 22 F 3/18
28. №804208 (СССР) В 22 F 3/18
29. А.с. №643755 (СССР) В 22 F 3/18
30. А.с. №956149 (СССР) В 22 F 3/18
31. А.с. №822933 (СССР) В 22 F 3/18
32. А.с. №900981 (СССР) В 22 F 3/24
33. А.с. №1053958 (СССР) В 22 F 3/20
34. А.с. №931293 (СССР) В 22 F 3/12
35. А.с. №728998 (СССР) В 22 F 3/20
36. А.с. №1049187 (СССР) В 22 F 3/20
37. А.с. №495214 (СССР) В 30 F II/06
38. Пол.реш. по заявке №3659470 (СССР) (2-02) I40063 В 22 F 3/20
39. А.с. №1049188 (СССР) В 22 F 3/20
40. Пол.реш. по заявке 3616389 (22-02) 064210 В 22 F 3/20
41. А.с. №461848 (СССР) В 22 F 3/02
42. А.с. №676385 (СССР) В 22 F 3/02
43. А.с. №411959 (СССР) В 22 F 3/20
44. А.с. №908522 (СССР) В 22 F 3/22
45. А.с. №899278 (СССР) В 22 F 3/02
46. А.с. №984675 (СССР) В 22 F 3/02
47. А.с. №952433 (СССР) В 22 F 3/20
48. А.с. №852446 (СССР) В 22 F 3/82
49. Пол.реш. по заявке № 3684683/22-02
50. Пол.реш. по заявке № 37005533/22-02
51. А.с. №900982 (СССР) В 22 F 3/02
52. Громов Н.П. Теория обработки металлов давлением. М., "Металл-

лургия, 1978. с.219-221.

53. Роман О.В., Дорошкевич Е.А. и др. Разработка общих принципов математического моделирования процессов формирования порошковых материалов. "Порошковая металлургия", выпуск 7. Мн. "Вышейшая школа" 1983. с.15-20.

54. Грин Р.Дж. Теория пластичности пористых тел в сб. Механика. 1973, №4. с.109-120.

55. Мартынова И.Ф., Штерн М.Б. Уравнение пластичности пористых тел, учитывающее истинные деформации материала основы. Порошковая металлургия, 1978 №1, с.23.

56. Петросян Г.Д. О теории пластичности пористых тел. Изв. Вузов Машиностроение, 1977, №5, с.10-14.

57. Перельман В.Е. Формование порошковых материалов. М., Металлургия, 1979. 232 с.5.

58. Седов Д.И. Механика сплошной среды. М., :Наука, 1970. т. I  
536 с. т. 2-576 с.5

59. Численные методы исследования течений вязкой жидкости (А.Д. Госмен, В.М. Пан, А.К. Ранчен и др. - М.: Мир, 1972. 324 с.

60. Исследование и разработка процессов холодной штамповки порошковых заготовок (О.В. Роман, Е.А. Дорошкевич, Е.В. Звонарев, А.С. Лазарев. сб. докл. VII Международной конференции по порошковой металлургии. Дрезден, 1981, т.3-373 с.

61. Теория шнековых устройств. И.З. Груздев, Р.Г. Мирзоев, Изд. Ленинградского университета, Л., 1978.

62. Яков В.И. Создание и исследование автогенного растворителя непрерывного действия в производстве полиапралнитральных волокон. Канд. дис. 1972, 116 с. Ленинград.

63. Бедер Л.М., Янков В.И. Напорно-расходные характеристики и распределение скоростей при плоскопараллельном изотермическом тече-



- нии ньютоновских жидкостей. - "Мех. полимеров", 1970, №3. с.565.
64. Бедер И.М., Янков В.И. Упрощенная модель адиабатического плоскопараллельного течения ньютоновских жидкостей. - "Мех. полимеров", 1971, №2, с.375.
65. Леонов А.И., Басов Н.И., Казанков Ю.В. Основы переработки реактопластов и резин методом литья под давлением. М.Химия, 1977, 216с.
66. Порошковая металлургия. Спеченные и композиционные материалы Под ред. В.Шатта М., Металлургия, 1983, 518 с.
67. Косторнов А.Г., Райченко А.И. Реологические исследования пластифицированной порошковой шихты в условиях сдвига. "Порошковая металлургия", 1966, №5.
68. Витязь П.А., Клименков С.С., Алексеев И.С. Реологические свойства порошковых смесей. Рукопись представлена Витебским технологическим институтом легкой промышленности. Ден. в ВИНТИ 12 июня 1984, №116-84 Деп.
69. Самсонов Г.В. Плещ Г.В., Орденко В.Б., Прядко Г.А. Исследование процесса мундштучного прессования порошков твердых сплавов. Порошковая металлургия, 1968, №9, с.14-19.
70. Э.Бернхардт, Переработка термопластичных материалов. М., Химия 1965.
71. Силин В.А. Динамика процессов переработки пластмасс в червячных машинах, М., Машиностроение, 1972.
72. Феноменологические теории прессования порошков. М.Б.Штерн, Г.Г.Сердюк, Л.А.Максименко, Ю.В.Трухан, Ю.М.Шуляков. Киев, Наукова думка, 1982, 140 с.
73. Мартынова И.Ф., Скороход В.В., Штерн Н.Б. Уплотнение пористых цилиндров в условиях ограничения пассивной деформации. Порошковая металлургия, 1979, с.20-24\_
74. Мартынова И.Ф., Скороход В.В., Штерн Н.Б. Радиальное обжатие пористой трубы (втулки) из упрочняющегося пластического металла

- на жесткой оправке. Порошковая металлургия, 1980, №10, с.1-6.
75. Мартынова И.Ф., Скороход В.В., Штерн М.Б., Уплотнение пористых цилиндров в отсутствии ограничения пассивной деформации. Порошковая металлургия, 1979, №9, с.69-75.
76. Мартынова И.Ф., Штерн М.Б. Уравнение пластичности пористого тела, учитывающее истинные деформации материала основы. Порошковая металлургия, 1978, №1, с.23-29.
77. Реут Л.Е. Разработка теории и технологии радиально-последовательного прессования металлических порошков в эластичных оболочках. Дисс..... канд. техн. наук, М., 1984, 200с.
78. Скороход В.В. Реологические основы теории спекания. Киев. Научно-думка, 1972, с.149.
79. Цытович Н.А., Механика грунтов М., Высшая школа, 1979, с.271.
80. А.с. II34295 (СССР). Устройство для экструдирования порошка. Степаненко А.В., Клименков С.С., Кулагин В.И., Оpubл. в Б.И., 1985, № 2.
81. Злобин Г.П. Формование изделий из порошков твердых сплавов, М., Металлургия, 1980.
82. А.с. II56855 (СССР). Устройство для непрерывного прессования пластифицированных порошков. Степаненко А.В., Клименков С.С., Кулагин В.И., Жемчужный М.И., Бендилов А.Г. Оpubл. в Б.И., 1985, №19.
83. А.С. II42222 (СССР). Устройство для прессования изделий из металлических порошков. Степаненко А.В., Клименков С.С., Кулагин В.И., Алексеев И.С. Оpubл. в Б.И., 1985, № 8.
84. Положительное решение № 36058II. Устройство для непрерывного прессования порошка. Степаненко А.В., Клименков С.С., Кулагин В.И.
85. Жданович Г.М. Распределение давлений и плотность при одностороннем и двухстороннем прессовании при осесимметрических брикетов. - Порошковая металлургия, 1969, № 6, с.24.

